

Eksplorasi dan Karakterisasi Bakteri Agens Hayati dari *Imperata cylindrica* untuk pengendalian *Rigidoporus microporus*

Exploration and Characterization of Biological Agents Bacteria from *Imperata cylindrica* for Controlling *Rigidoporus microporus*

Tatit Sastrini¹, Mochamad Yadi Nurjayadi², Abdul Munif^{3*}

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, Sumatera Barat 27366

²Balai Proteksi Tanaman Perkebunan Pontianak, Kalimantan Barat 78241

³Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Bogor 16680

ABSTRAK

Penyakit jamur akar putih yang disebabkan oleh *Rigidoporus microporus* merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman karet. Patogen ini menyebabkan kerusakan pada akar sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Dengan demikian, pengendalian patogen ini merupakan salah satu hal yang penting. Tujuan dari penelitian ini ialah mendapatkan bakteri agens hayati yang memiliki aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan *R. microporus* dari berbagai bagian tumbuhan alang-alang (*Imperata cylindrica*). Penelitian dilakukan melalui proses eksplorasi agens hayati dari berbagai bagian tumbuhan *I. cylindrica*, uji aktivitas antibiosis, serta karakterisasi isolat bakteri potensial. Berdasarkan hasil uji antibiosis, kami mendapatkan 7 isolat bakteri (Rph 7, Rph 8, Rph 15, Rph 17, 15, E47, dan isolat 47) yang menunjukkan aktivitas antibiosis terhadap *R. microporus* melalui uji biakan ganda. Penekanan pertumbuhan *R. microporus* oleh 7 isolat potensial berkisar antara 26.7% dan 58.9%. Daya hambat tertinggi ditunjukkan oleh isolat 47 yang diduga merupakan bakteri endofit daun. Tujuh isolat potensial tersebut merupakan bakteri Gram positif yang menghasilkan spora. Bakteri agens hayati yang diperoleh didominasi oleh isolat yang berasal dari bagian rizosfer *I. cylindrica*. Hal ini menunjukkan bahwa rizosfer merupakan sumber yang potensi dalam eksplorasi agens hayati. Selain itu, *R. microporus* merupakan patogen yang mengolonisasi akar dan bersifat tular tanah sehingga eksplorasi pada sampel rizosfer lebih memungkinkan diperolehnya agens hayati yang potensial.

Kata kunci: antibiosis, pengendalian biologi, jamur akar putih

ABSTRACT

White root disease caused by *Rigidoporus microporus* is an important disease in rubber plantation. This pathogen causes damage to roots, thus adversely affect plant growth and productivity of rubber plantation. Therefore controlling of this pathogen is important to do. The objective of this research was to obtain biological agents bacteria from the various parts of alang-alang (*Imperata cylindrica*) which have inhibitory activity against the growth of *R. microporus*. The research was conducted through exploration of biological agents from the various parts of alang-alang, antibiosis activity test, and characterization of potential isolates. Based on antibiosis activity test, seven isolates (Rph 7, Rph 8, Rph 15 Rph 17, 15, E47, and isolate 47) showed antibiosis activity against *R. microporus*. Suppression activity of *R. microporus* growth by seventh of potential isolates ranged between 26.7-58.9%. The highest inhibition was demonstrated by isolate 47 suspected leaf endophytic bacteria. Seventh of potential isolates are Gram-positive bacterial that can form spores. The biological agen's bacterial dominated by isolates from

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel:abdulmunif@ipb.ac.id.

the reeds rhizosphere. This result indicates that rhizosphere is a potentially source in the exploration of biological agents. In addition, *R. microporus* is a soil-borne pathogen which colonizes the roots therefore exploration from rhizosphere samples allows obtaining potential biological agents.

Keyword: antibiosis, biological control, and white-rot fungus

PENDAHULUAN

Penyakit jamur akar putih (JAP) merupakan salah satu penyakit penting pada pertanaman karet. Penyakit ini disebabkan oleh *Rigidoporus microporus* yang sulit dikendalikan. Berbagai teknik pengendalian telah banyak digunakan untuk mencegah, mengurangi, dan mengendalikan *R. microporus*. Pengendalian kimiawi dengan fungisida sintesis masih menjadi teknik pengendalian yang paling umum untuk JAP (Amaria *et al.* 2013; Prasetyo dan Aeny 2013), namun menimbulkan risiko terganggunya keseimbangan lingkungan dan dapat berpengaruh buruk terhadap keberadaan organisme nonpatogen (Aktar *et al.* 2009).

Pengendalian menggunakan agens hayati dapat mengendalikan patogen sehingga mengurangi penggunaan fungisida sintesis. Pengendalian hayati ini banyak dikaji karena prinsip pengendaliannya mengarah kepada menjaga keseimbangan lingkungan sehingga dapat menciptakan pertanian yang berkelanjutan (Munif *et al.* 2012).

Pengendalian hayati mengacu pada pemanfaatan secara sengaja organisme lokal atau yang diintroduksi untuk menekan populasi atau aktivitas patogen tumbuhan. Salah satu hal yang penting dalam praktik pengendalian hayati ialah memanipulasi lingkungan sehingga mampu meningkatkan aktivitas agens hayati yang secara tidak langsung dapat menekan patogen. Pengendalian ini memanfaatkan mikroorganisme antagonis melalui mekanisme antibiosis, kompetisi, hiperparasitisme, dan induksi resistensi tanaman inang (Sigee 1993; Pal *et al.* 2006; Suryanto *et al.* 2010). Eksplorasi agens hayati merupakan salah satu komponen utama pada studi pengendalian hayati. Dengan demikian, pemahaman tentang prinsip dan metode dalam isolasi dan seleksi agens hayati menjadi salah satu hal yang penting dalam penerapan teknik

ini. Baker dan Cook (1974) menjelaskan bahwa agens hayati harus dicari pada area tempat penyakit yang disebabkan oleh patogen tidak ada, menurun, atau tidak dapat berkembang walaupun tanamannya rentan.

Imperata cylindrica atau yang dikenal alang-alang merupakan gulma yang dapat bertahan hidup di berbagai macam vegetasi tanah, seperti tanah miskin unsur hara, pasir kuarsa yang kaya nutrisi, atau tanah lempung berpasir (Jose *et al.* 2002). Kemampuan fisiologi *I. cylindrica* tersebut diduga dipengaruhi oleh peran mikroorganisme di dalam jaringan atau sekitar tanaman. Hal tersebut mendasari pemilihan *I. cylindrica* sebagai sumber eksplorasi agens hayati. Kusumawati *et al.* (2017) mendapatkan beberapa mikroorganisme bermanfaat dari rizosfer tanaman *I. cylindrica*, yakni bakteri rizosfer yang mampu memacu pertumbuhan tanaman (PGPR). Penelitian mengenai potensi mikroorganisme asal tanaman *I. cylindrica* untuk pengendalian hayati patogen tumbuhan belum banyak dilakukan, khususnya terhadap patogen penyebab penyakit JAP. Tujuan penelitian ini ialah mendapatkan bakteri agens hayati yang memiliki aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan *R. microporus* penyebab penyakit JAP dari berbagai bagian tumbuhan *I. cylindrica*.

BAHAN DAN METODE

Isolasi Bakteri Agens Hayati

Sampel *I. cylindrica* dan bagian rizosfernya diambil di Dramaga, Bogor. Isolasi dilakukan dari bagian rizosfer, permukaan daun (filoplan), rizoplan, serta bakteri endofit dari jaringan daun.

Sebanyak 10 g sampel tanah disuspensikan dengan 90 mL akuades steril di dalam tabung erlenmeyer (larutan stok). Suspensi tanah digoyang pada kecepatan 100 rpm selama 60 menit; selanjutnya dilakukan pengenceran

berseri sampai dengan 10^{-2} . Sebanyak 100 μ L suspensi dari pengenceran 10^{-1} dan 10^{-2} disebar pada medium *triptic soy agar* (TSA).

Bakteri filoplan diisolasi dari 1 g daun *I. cylindrica* yang dicelupkan ke dalam 9 mL air steril dan digoyang pada kecepatan 100 rpm selama 60 menit. Air rendaman diambil dan diencerkan berseri sampai dengan 10^{-2} . Sebanyak 100 μ L larutan dari pengenceran 10^{-1} dan 10^{-2} disebar pada medium TSA.

Bakteri rizoplan diisolasi dari 10 g sampel tanah rizoplan yang disuspensikan dalam 90 mL akuades steril. Sebanyak 100 μ L suspensi dari pengenceran 10^{-3} dan 10^{-5} disebar pada medium TSA.

Isolasi bakteri endofit dari daun *I. cylindrica*. Mengikuti metode Hallmann *et al.* (1997) dan Munif *et al.* (2012) dengan beberapa modifikasi. Sebanyak 1 g daun *I. cylindrica* dicuci dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan di atas tisu steril. Selanjutnya permukaan daun disterilkan menggunakan alkohol 70% selama 1 menit, kloroks 3% selama 2 menit, dan dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Sampel daun digerus sampai hancur menggunakan mortar steril. Ekstrak daun disuspensikan dalam 9 mL air steril. Bakteri endofit diisolasi dari suspensi ini dengan teknik sebar pada medium TSA 10%.

Uji Agens Hayati

Uji reaksi hipersensitif isolat bakteri dilakukan pada daun tanaman tembakau var. White Burley. Koloni tunggal bakteri dibiakkan di dalam 3 mL medium *triptic soy broth* (TSB) pada inkubator bergoyang 100 rpm. Suspensi bakteri diinfiltrasikan pada daun tembakau. Reaksi hipersensitif diamati pada 24–48 jam setelah inokulasi (Schaad *et al.* 2001). Bakteri uji yang menunjukkan reaksi hipersensitif negatif digunakan untuk uji aktivitas antibiosis.

Uji aktivitas antibiosis bakteri kandidat agens hayati diujikan terhadap *Rigidoporus microporus*. Bakteri kandidat dipasangkan dengan *R. microporus* pada medium *potato dextrose agar* (PDA) dengan 3 ulangan yang dimodifikasi. *R. microporus* yang digunakan merupakan koleksi Klinik Tanaman, Departemen Proteksi Tanaman, Institut

Pertanian Bogor. Bakteri uji yang telah diseleksi dengan uji hipersensitif diremajakan kembali pada medium TSA. Bakteri yang berumur 24–48 jam digoreskan pada bagian tengah cawan petri kemudian koloni *R. microporus* berdiameter 5 mm diletakkan pada kedua sisi cawan.

Pengamatan dilakukan dengan menghitung daya hambat bakteri kandidat terhadap *R. microporus* dengan rumus Bivi (2010):

$$P = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100 \%, \text{ dengan}$$

P, persentase penghambatan pertumbuhan *R. microporus* (%); r_1 , jari-jari miselium hingga tepi cawan petri (cm); dan r_2 , jari-jari miselium hingga tepi zona hambat (cm).

Karakterisasi Bakteri Agens Hayati

Karakterisasi bakteri agens hayati dilakukan dengan uji Gram, uji kemampuan produksi pigmen *fluorescent* pada medium King's B, dan pewarnaan endospora.

HASIL

Bakteri Asal *I. cylindrica*

Sebanyak 56 isolat bakteri berhasil diisolasi dari berbagai bagian tumbuhan *I. cylindrica*. Kelimpahan bakteri yang paling tinggi berasal dari rizoplan dan yang paling rendah berasal dari rizosfer, sedangkan bakteri yang beragam diperoleh dari rizosfer (Tabel 1). Berdasarkan pada uji reaksi hipersensitif, 30 isolat bakteri dinyatakan bersifat nonpatogen dan juga menunjukkan bahwa proporsi nonpatogen lebih banyak pada sampel rizosfer *I. cylindrica* dibandingkan dengan bagian lainnya (Tabel 2).

Aktivitas Antibiosis Bakteri Agens Hayati terhadap *R. microporus*

Berdasarkan uji hipersensitif, dari 30 isolat bakteri terpilih sebanyak 7 isolat (Rph 7, Rph 8, Rph 15, Rph 17, 15, E47, dan 47) menunjukkan aktivitas antibiosis terhadap *R. microporus* secara *in vitro*. Persentase penghambatannya berkisar antara 26.67% dan 58.87% (Tabel 3).

Karakteristik Bakteri Agens Hayati

Karakterisasi dilakukan terhadap 7 isolat bakteri yang menunjukkan aktivitas

Tabel 1 Kelimpahan populasi dan keragaman bakteri hasil isolasi dari tumbuhan *Imperata cylindrica*

Asal isolat	Koloni (cfu g ⁻¹)	Jumlah keragaman bakteri (isolat)
Rizosfer	1.54×10^6	19
Permukaan Daun	7.68×10^6	18
Rizoplan	8.20×10^8	15
Endofit	3.84×10^6	4
Kompos	1.50×10^{11}	12

Tabel 2 Uji reaksi hipersensitif bakteri dari *Imperata cylindrica*

Kode isolat	Asal	Uji HR	Kode isolat	Asal	Uji HR
RPH 1	rizosfer	-	12	filosfer	+
RPH 2	rizosfer	-	26	filosfer	+
RPH 3	rizosfer	-	27	filosfer	-
RPH 4	rizosfer	-	28	filosfer	+
RPH 5	rizosfer	-	29	filosfer	+
RPH 6	rizosfer	-	30	filosfer	+
RPH 7	rizosfer	-	31	filosfer	+
RPH 8	rizosfer	-	32	filosfer	+
RPH 9	rizosfer	-	33	filosfer	+
RPH 10	rizosfer	-	13a	rizoplan	-
RPH 11	rizosfer	-	13b	rizoplan	-
RPH 12	rizosfer	-	14	rizoplan	-
RPH 13	rizosfer	-	15	rizoplan	-
RPH 14	rizosfer	-	16	rizoplan	+
RPH 15	rizosfer	-	17	rizoplan	+
RPH 16	rizosfer	-	18	rizoplan	+
RPH 17	rizosfer	-	19	rizoplan	+
1	rizosfer	+	20a	rizoplan	+
2	rizosfer	+	20b	rizoplan	-
3	filosfer	+	21	rizoplan	+
4	filosfer	+	22	rizoplan	+
5	filosfer	+	23	rizoplan	+
6	filosfer	+	24	rizoplan	+
7	filosfer	+	25	rizoplan	+
8	rizosfer	-	46	endofit daun	+
9	rizosfer	-	E47	endofit daun	-
10	filosfer	-	47	endofit daun	-
11	filosfer	-	48	endofit daun	-

+, isolat bakteri menimbulkan reaksi hipersensitif; -, isolat bakteri tidak menimbulkan reaksi hipersensitif.

antibiosis dalam menghambat pertumbuhan *R. microporus*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tujuh isolat agens hayati tersebut merupakan kelompok bakteri Gram positif yang mampu menghasilkan spora, namun tidak memproduksi pigmen fluoresens.

PEMBAHASAN

Rigidoporus microporus penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet

menyebabkan kerusakan pada akar sehingga dapat menghambat transportasi air dan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Jayasuriya dan Thennakoon 2007). Pengendalian patogen tumbuhan yang menyerang bagian akar tanaman merupakan hal yang penting karena kesehatan akar berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Sebanyak tujuh bakteri yang diisolasi dari *I. cylindrica* menunjukkan aktivitas antibiosis terhadap *R. microporus* melalui uji biakan ganda. Uji biakan ganda

Tabel 3 Daya hambat bakteri dari *Imperata cylindrica* terhadap *Rigidoporus microporus*

Kode isolat	Asal	Rata-rata (cm)		Daya hambat (%)
		r1	r2	
RPH 1	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 2	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 3	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 4	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 5	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 6	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 7	rizosfer	2.25	1.65	26.67
RPH 8	rizosfer	2.25	1.25	44.44
RPH 9	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 10	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 11	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 12	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 13	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 14	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 15	rizosfer	2.25	1.20	46.67
RPH 16	rizosfer	2.25	2.25	0.00
RPH 17	rizosfer	2.25	1.10	51.11
8	filosfer	2.25	2.25	0.00
9	filosfer	2.25	2.25	0.00
10	filosfer	2.25	2.25	0.00
11	filosfer	2.25	2.25	0.00
14	rizosfer	2.25	2.25	0.00
15	rizosfer	2.25	1.15	48.89
13a	rizosfer	2.25	2.25	0.00
13b	rizosfer	2.25	2.25	0.00
20	rizosfer	2.25	2.25	0.00
E47	endofit daun	2.25	1.35	40.00
47	endofit daun	2.25	0.93	58.87
48	endofit daun	2.25	2.25	0.00

r1, jari-jari hifa *R. microporus* pada arah yang tidak diberi perlakuan (kontrol)

r2, jari-jari hifa *R. microporus* pada arah yang diberi perlakuan isolat bakteri kandidat agens antagonis.

dapat digunakan untuk mendeteksi adanya mekanisme antibiosis yang terjadi pada aktivitas pengendalian oleh agens hayati (Munif *et al.* 2012; Hastuti 2012; Khaerani *et al.* 2012). Antibiosis adalah penghambatan satu atau lebih organisme oleh senyawa bioaktif berupa antibiotik, enzim pendegradasi dinding sel, atau senyawa volatil yang diproduksi oleh organisme lain. Senyawa bioaktif tersebut dapat menghambat pertumbuhan, bahkan membunuh organisme lain (Pal *et al.* 2006).

Bakteri agens hayati yang diperoleh didominasi oleh isolat yang berasal dari bagian rizosfer tanaman *I. cylindrica*. Berebdsen *et al.* (2012) menjelaskan bahwa keberadaan organisme nonpatogen terutama di daerah

rizosfer dan tanah memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung kebugaran tanaman, meningkatkan pertumbuhan tanaman, dan mengendalikan penyakit tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa rizosfer merupakan sumber eksplorasi agens hayati yang potensial. Selain itu, *R. microporus* merupakan patogen yang mengolonisasi akar dan bersifat tular tanah.

Seluruh isolat bakteri potensial yang diperoleh dari penelitian ini merupakan bakteri Gram positif yang dapat menghasilkan spora. Bakteri agens hayati dari kelompok ini memiliki potensi sangat besar untuk dikembangkan dalam bidang pengendalian patogen tumbuhan. Emmert dan Haldelsman

(1999) menjelaskan bahwa salah satu faktor yang menentukan keberhasilan penerapan suatu teknik pengendalian hayati ialah ketersediaan formulasi agens hayati yang stabil. Kemampuan bakteri Gram positif seperti *Streptomyces* and *Bacillus* dalam menghasilkan spora penting dalam mendukung ketersediaan formula agens hayati yang stabil. Hal ini menjadi salah satu kelebihan yang dimiliki oleh agens hayati dari kelompok Gram positif dibandingkan dengan kelompok Gram negatif yang pada saat ini lebih banyak dikaji. Souto *et al.* (2004) dan Krzyzanowska *et al.* (2013) menjelaskan bahwa *B. subtilis* merupakan agens hayati yang banyak ditemukan di rizosfer yang efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen tanaman karena menghasilkan antibiotik. Selain keefektifannya, bakteri agens hayati ini memiliki kelebihan karena mudah dikembangbiakkan dan disimpan.

Imperata cylindrica merupakan tanaman yang mengeluarkan senyawa eksudat berupa alelopati yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman (Hagan *et al.* 2013). Alelopati yang dikeluarkan dapat membuat tanah keras, unsur hara berkurang, dan perubahan kondisi air di dalam tanah (D'Antonio *et al.* 2002). Dengan demikian, walaupun di sekitar dan di dalam jaringan *I. cylindrica* mengandung mikroorganisme bermanfaat, *I. cylindrica* tidak direkomendasikan untuk ditanam di sekitar tanaman perkebunan. Pengembangan selanjutnya dari penelitian ini dapat diarahkan untuk memperoleh senyawa bioaktif alami dari bakteri yang diperoleh. Cao *et al.* (2004) dan Verma *et al.* (2009) menjelaskan bahwa penelitian tentang eksplorasi agens hayati juga memungkinkan diperolehnya berbagai senyawa bioaktif alami baru yang dapat mengendalikan patogen.

Penelitian ini mengindikasikan bahwa bakteri agens hayati yang berasal dari *I. cylindrica* memiliki potensi sebagai agens hayati dalam pengendalian penyakit JAP pada tanaman karet yang disebabkan oleh *R. microporus*. Bakteri agens hayati dapat diisolasi dari semua bagian *I. cylindrica* baik dari rizosfer, rizoplan, filoplan, dan jaringan dalam tumbuhan (endofit).

Hubungan mekansime kerja bakteri agens hayati dan bagian-bagian tersebut dalam memacu pertumbuhan dan menekan penyakit tanaman masih belum banyak diketahui dan membutuhkan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktar W, Sengupta D, Chowdhury A. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*. 2(1):1–12. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>.
- Amaria W, Taufiq E, Harni R. 2013. Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Buletin RISTRI*. 4(1):55–64. DOI: <https://doi.org/10.21082/jtidp.v1n2.2014.p79-86>.
- Baker KF, Cook RJ. 1974. *Biological Control of Plant Pathogens*. San Francisco (US): WH Freeman.
- Berebdsen RL, Pieterse CMJ, Bakker PAHM. 2012. The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends Plant Sci*. 17(8):478–486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>.
- Bivi MR, Farhana MS, Khairulmazmi, Indist A. 2010. Control of *Ganoderma boninense*: A causal agent of basal stem rot disease in oil palm with endophyte bacteria *In Vitro*. *Int J Agric Biol*. 12:833–839.
- Cao LX, Qiu ZQ, You JL, Tan HM, Zhou S. 2004. Isolation and characterization of endophytic *Streptomyces* antagonists of *Fusarium* wilt pathogen from surface sterilized banana roots. *FEMS Microbiol Lett*. 247:147–152. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.05.006>.
- D'Antonio C, Meyerson LA. 2002. Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: a synthesis. *Restoration Ecol*. 10(4):703–713. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2002.01051.x>.
- Emmert EAB, Handelsman J. 1999. Biological of plant disease: a (Gram-) positive perspective. *FEMS Microbiology Letters*. 171:1–9. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1999.tb13405.x>.

- Hagan DL, Jose S, Bohn K, Escobedo F. 2013. Cogongrass (*Imperata cylindrica*) invasion and eradication: Implications for soil nutrient dynamics in a longleaf pine sandhill ecosystem. *Invasive Plant Sci and Manage.* 6(3):433–443. DOI: <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-12-00089.1>.
- Hallmann J, Hallmann AQ, Mahaffee WF, Kloepper JW. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Can J Microbiol.* 43:895–914. DOI: <https://doi.org/10.1139/m97-131>.
- Hastuti RD, Lestari Y, Suwarso A, Saraswati R. 2012. Endophytic *Streptomyces* spp. as biocontrol agents of rice bacterial leaf blight pathogen (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*). *Hayati.* 19(4):155–162. DOI: <https://doi.org/10.4308/hjb.19.4.155>.
- Jayasuriya KE, Thennakoon BI. 2007. Biological control of *Rigidoporus microporus*, the cause of white root disease in rubber. *Cey J Sci (Bio Sci).* 36(1):9–16.
- Jose S, Cox J, Miller DL, Shilling DG, Merritt S. 2002. Alien plant invasions: the story of cogongrass in southeastern forests. *J Forestry.* 100 (1):41–44.
- Khaerani A, Rahman A. 2012. Penggunaan bakteri kitinolitik sebagai agens biokontrol penyakit busuk batang oleh *rhizoctonia solani* pada tanaman kedelai. *J Fitopatol Indones.* 8(2):37–43. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.8.2.37>.
- Kusumawati DI, Widawati S, Lisdiyanti P, Sudiana IM. 2017. Isolation and screening for IAA production, nitrogen fixation, P-solubilization and cellulolytic activity of plant growth-promoting rhizobacteria from *Imperata cylindrica* Grasslands. Di dalam: *Prosiding The Project for Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang (Imperata cylindrica) Fields*; 2016 Nov 14; Bogor (ID): Indonesia Institute of Sciences. Hlm 125–133.
- Krzyzanowska DM, Iwanicki A, Ossowicki A, Obuschowski M, Jafra S. Genome sequence of *Bacillus subtilis* MB73/2, a soil isolated inhibiting the growth of plant pathogens *Dickeya* spp. and *Rhizoctonia solani*. *Genome Announcements.* 1(3):e00238-13. DOI: <https://doi.org/10.1128/genomeA.00238-13>.
- Munif A, Wiyono S, Suwarno. 2012. Isolasi bakteri endofit asal padi gogo dan potensinya sebagai agens biokontrol dan pemacu pertumbuhan. *J Fitopatol indones.* 8(3):57–64. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.8.3.57>.
- Pal KK, Gardener BM. 2006. *Biological Control of Plant Pathogens*. The Plant Health Instructor. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHI-A-2006-1117-02>.
- Prasetyo J, Aeny TN. 2013. The preventive control of white root rot disease in small holder rubber plantation using botanical, biological and chemical agents. *J HPT Tropika.* 13(1):69–74.
- Schaad NW, Jones JB, Chun W. 2000. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. Minnesota (US): APS Press.
- Sigee DC. 1993. *Bacterial Plant Pathology: Cell and Molecular Aspects*. Canbridge (UK): Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511525476>.
- Souto GI, Correa OS, Montecchia MS, Kerber NL, Pucheu NL, Bachur M. 2004. Genetic and functional characterization of a *Bacillus* sp. strain excreting surfactin and antifungal metabolites partially identified as iturin-like compounds. *J App Microbiol.* 97:1247–1256. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02408.x>.
- Suryanto D, Patonah S, Munir E. 2010. Control of fusarium wilt of chili with chitinolytic bacteria. *HAYATI J Biosci.* 17(1):5–8. DOI: <https://doi.org/10.4308/hjb.17.1.5>.
- Verma VC, Gond SK, Kumar A, Mishar A, Kharwar RN, Gange AC. 2009. Endophytic actinomycetes from *Azadirachta indica* A. Juss: Isolation, diversity, and antimicrobial activity. *Microb Ecol.* 57:749–756. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00248-008-9450-3>.